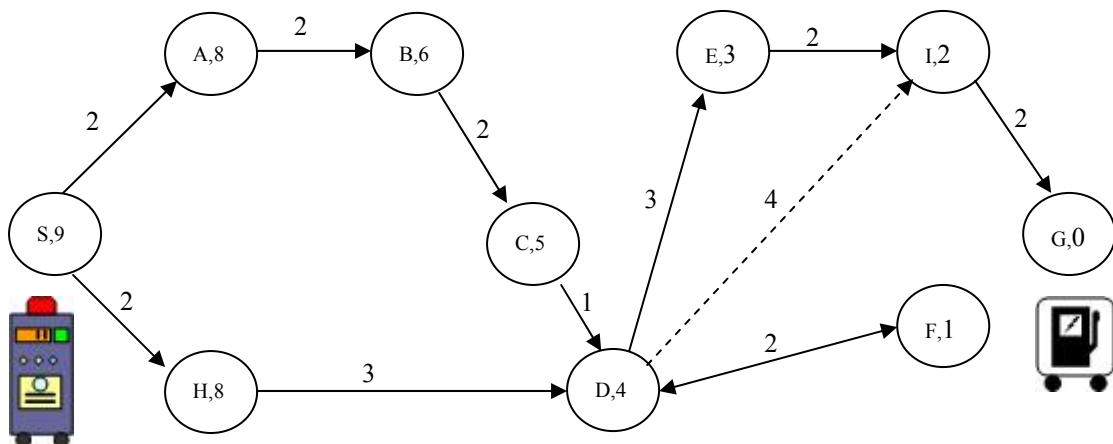


---

## Θέμα 1: Robbie και Αναζήτηση

Ο Robbie, το ρομπότ του παρακάτω σχήματος-χάρτη, κατά τη διάρκεια των εργασιών που κάνει διαπιστώνει ότι πρέπει να γυρίσει όσο το δυνατόν πιο γρήγορα, από την τρέχουσα θέση S, στην κινητή βάση ανεφοδιασμού, στη θέση G, προκειμένου να φορτίσει τις μπαταρίες του. Ο Robbie μπορεί να πλοηγηθεί σύμφωνα με τα βέλη του χάρτη. Πάνω σε κάθε βέλος υπάρχει ένας αριθμός που αντιπροσωπεύει την απόσταση μεταξύ των συνδεδεμένων κόμβων. Κάθε κόμβος χαρακτηρίζεται από ένα γράμμα. Δίπλα στο γράμμα κάθε κόμβου βρίσκεται ένας αριθμός που αντιπροσωπεύει την ευθεία απόσταση του κόμβου από τον κόμβο G. Αγνοείστε προς το παρόν το διακεκομμένο βέλος.



Ο Robbie διαθέτει μνήμη στην οποία έχουν καταχωρηθεί τα στοιχεία του χάρτη. Ο Robbie αποφασίζει να βρει την καλύτερη διαδρομή χρησιμοποιώντας διάφορους αλγορίθμους, όπως παρακάτω. Κατά την

---

---

εκτέλεση των αλγορίθμων χρησιμοποιούμε τις εξής συμβάσεις σε περιπτώσεις ισότιμων κόμβων (εκτός αν αναφέρεται διαφορετικά):

- Όταν ισότιμοι κόμβοι βρίσκονται στο ίδιο βάθος (επίπεδο) επιλέγεται ο ευρισκόμενος αριστερότερα.
- Όταν ισότιμοι κόμβοι βρίσκονται σε διαφορετικό βάθος (επίπεδο) επιλέγεται ο ευρισκόμενος σε μικρότερο βάθος (υψηλότερα στο δέντρο).

### **1α. Κατά βάθος αναζήτηση.**

**A.** Να σχεδιάσετε το (τμήμα από το) δέντρο αναζήτησης που θα παραχθεί κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου της κατά βάθος αναζήτησης (depth-first search), αν ο Robbie αποφασίσει να κινείται όλο αριστερά. Καταγράψτε το μονοπάτι της λύσης και υπολογίστε το κόστος του. Καταγράψτε την σειρά επέκτασης των κόμβων και υπολογίστε πόσα βήματα έκανε ο αλγόριθμος.

**B.** Να κάνετε το ίδιο, αν ο Robbie αποφασίσει να κινείται όλο δεξιά. Σχολιάστε τις δύο περιπτώσεις.

### **1β. Κατά πλάτος αναζήτηση.**

Να σχεδιάσετε το (τμήμα από το) δέντρο αναζήτησης που θα παραχθεί κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου της κατά πλάτος αναζήτησης (breadth-first search). Καταγράψτε το μονοπάτι της λύσης και υπολογίστε το κόστος του. Καταγράψτε την σειρά επέκτασης των κόμβων και υπολογίστε πόσα βήματα έκανε ο αλγόριθμος.

### **1γ. Άπληστη Αναζήτηση.**

Να σχεδιάσετε το (τμήμα από το) δέντρο αναζήτησης που θα παραχθεί κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου της άπληστης αναζήτησης (greedy search), η οποία αναπτύσσει κάθε φορά τον κόμβο που απέχει λιγότερο από τη θέση ανεφοδιασμού. Καταγράψτε το μονοπάτι της λύσης και υπολογίστε το κόστος του. Καταγράψτε την σειρά επέκτασης των κόμβων και υπολογίστε πόσα βήματα έκανε ο αλγόριθμος.

### **1δ. Αναζήτηση με βάση το κόστος διαδρομής.**

Να σχεδιάσετε το (τμήμα από το) δέντρο αναζήτησης που θα παραχθεί κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου της αναζήτησης με βάση το κόστος της διαδρομής (branch and bound search), η οποία αναπτύσσει κάθε φορά τον κόμβο που το κόστος της διαδρομής από την αρχική θέση μέχρι αυτόν είναι το μικρότερο. Καταγράψτε το μονοπάτι της λύσης και υπολογίστε το κόστος του. Καταγράψτε την σειρά επέκτασης των κόμβων και υπολογίστε πόσα βήματα έκανε ο αλγόριθμος.

### **1ε. Αναζήτηση με τον A\*.**

Να σχεδιάσετε το (τμήμα από το) δέντρο αναζήτησης που θα παραχθεί κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου A\*. Καταγράψτε το μονοπάτι της λύσης και υπολογίστε το κόστος του. Καταγράψτε την σειρά επέκτασης των κόμβων και υπολογίστε πόσα βήματα έκανε ο αλγόριθμος.

### **1στ. Σύγκριση αλγορίθμων.**

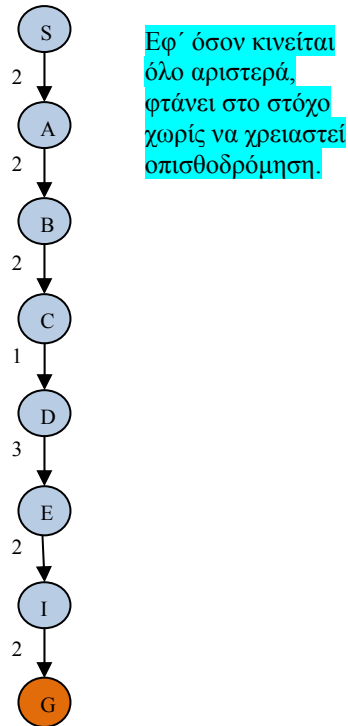
Συγκρίνετε και συζητήστε τα αποτελέσματα των παραπάνω αλγορίθμων. Ποιοι από αυτούς βρίσκουν την καλύτερη (μικρότερη) διαδρομή; Συζητήστε αν αυτό είναι τυχαίο ή αποτελεί εγγυημένο αποτέλεσμα για κάθε αλγόριθμο από αυτούς. Υποστηρίξτε τους ισχυρισμούς σας με παραδείγματα (όπου είναι αναγκαίο). Αν υπήρχε και η σύνδεση που δείχνει το διακεκομμένο βέλος, ποιοι από τους αλγορίθμους θα είχαν διαφορετικό μονοπάτι λύσης; Είναι το καλύτερο; Δώστε σύντομες απαντήσεις.

---

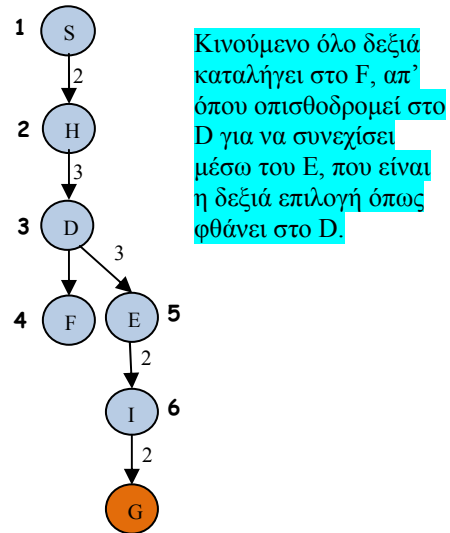
## Απαντήσεις

### 1α. Κατά βάθος αναζήτηση.

#### A. Δέντρο Αναζήτησης (κίνηση αριστερά)



#### B. Δέντρο Αναζήτησης (κίνηση δεξιά)



Μονοπάτι λύσης: S-A-B-C-D-E-I-G

Κόστος λύσης:  $2+2+2+1+3+2+2 = 14$

Σειρά ανάπτυξης κόμβων: ίδια με το μονοπάτι

Βήματα: 7

Μονοπάτι λύσης: S-H-D-E-I-G

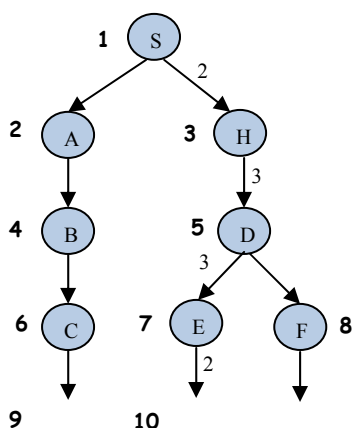
Κόστος λύσης:  $2+3+3+2+2 = 12$

Σειρά ανάπτυξης κόμβων: S-H-D-F-E-I  
(Στο σχήμα οι έντονοι αριθμοί δείχνουν την σειρά)

Βήματα: 6

Παρατηρούμε ότι στη δεύτερη περίπτωση η λύση βρίσκεται πιο γρήγορα.

### 1β. Κατά πλάτος αναζήτηση.



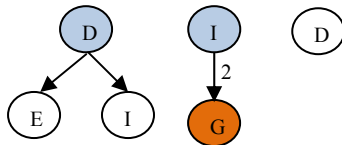
Μονοπάτι λύσης: S-H-D-E-I-G

Κόστος λύσης:  $2+3+3+2+2 = 12$

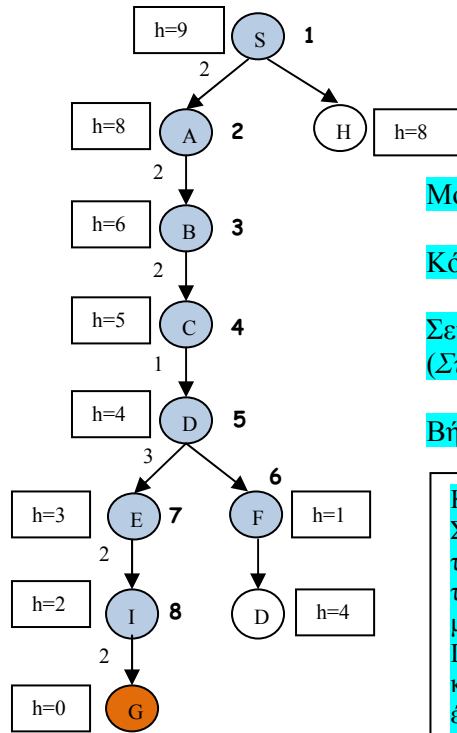
Σειρά ανάπτυξης κόμβων: S-A-H-B-D-C-E-F-D-I  
(Στο σχήμα οι έντονοι αριθμοί δείχνουν την σειρά)

Βήματα: 10

Εδώ θεωρούμε ότι πρώτα εξετάζουμε την κίνηση προς τα αριστερά και μετά προς τα δεξιά, πράγμα που κανονίζει την σειρά παραγωγής και ανάπτυξης των κόμβων.



### 1γ. Απλησθη Αναζήτηση.



Μονοπάτι λύσης: S-A-B-C-D-E-I-G

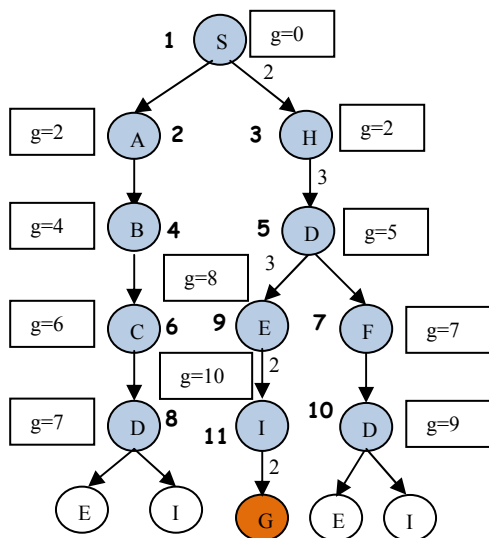
Κόστος λύσης:  $2+2+2+1+3+2+2 = 14$

Σειρά ανάπτυξης κόμβων: S-A-B-C-D-F-E-I  
(Στο σχήμα οι έντονοι αριθμοί δείχνουν την σειρά)

Βήματα: 8

Κατ' αρχήν αναπτύσσεται ο S και παράγονται οι A και H. Στη συνέχεια αναπτύσσεται ο A διότι είναι αριστερότερα του H, αν και έχουν το ίδιο h, οπότε παράγεται ο B. Μεταξύ των ανοικτών κόμβων B και H αναπτύσσεται ο B διότι έχει μικρότερο h ( $6 < 8$ ) κ.ο.κ μέχρι την ανάπτυξη του κόμβου D. Τότε παράγονται οι E και F, οπότε μεταξύ των ανοικτών κόμβων H, E και F επιλέγεται και αναπτύσσεται ο F, διότι έχει μικρότερο h ( $=1$ ). Ο παραγόμενος κόμβος D έχει h μεγαλύτερο από αυτό του E, οπότε αναπτύσσεται ο E κ.ο.κ μέχρι τον G.

### 1δ. Αναζήτηση με βάση το κόστος διαδρομής.



Μονοπάτι λύσης: S-H-D-E-I-G

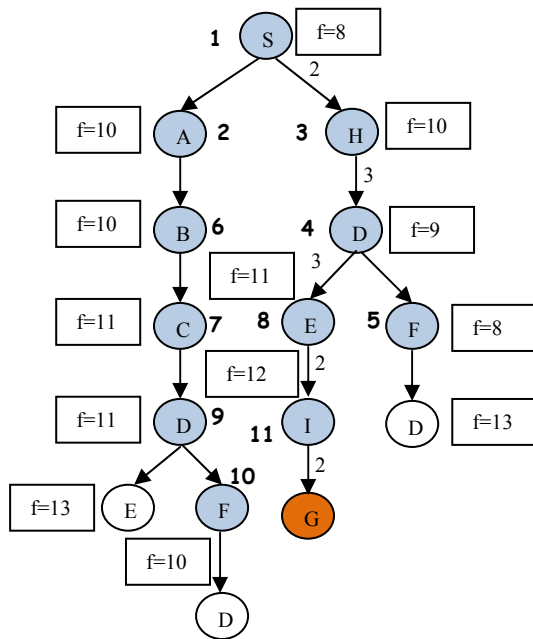
Κόστος λύσης:  $2+3+3+2+2 = 12$

Σειρά ανάπτυξης κόμβων: S-A-H-B-D-C-F-D-E-I  
(Στο σχήμα οι έντονοι αριθμοί δείχνουν την σειρά)

Βήματα: 11

Κατ' αρχήν, αναπτύσσεται ο S και παράγονται οι A και H. Στη συνέχεια αναπτύσσεται ο A διότι είναι αριστερότερα του H, αν και έχουν το ίδιο g, οπότε παράγεται ο B με  $g=2+2=4$ . Μεταξύ των ανοικτών κόμβων B και H αναπτύσσεται ο H διότι έχει μικρότερο g ( $2 < 4$ ), οπότε παράγεται ο D με  $g=2+3=5$ . Στη συνέχεια αναπτύσσεται ο B ( $4 < 5$ ) και παράγεται ο C με  $g=4+2=6$ . Έτσι, στη συνέχεια αναπτύσσεται ο D και παράγονται οι E και F με  $g=5+3=8$  και  $g=5+2=7$  αντίστοιχα. Τώρα, από τους ανοικτούς C, E και F επιλέγεται ο C ( $6 < 8, 6 < 7$ ) και παράγεται ο D με  $g=6+1=7$ . Κατόπιν από τους ανοικτούς D, E και F, αναπτύσσεται ο F, διότι έχει μικρότερο g από τον E και ενώ έχει το ίδιο g με τον D βρίσκεται ψηλότερα στην ιεραρχία. Οπότε παράγεται ο D (στο δεξί κλαδί) κ.ο.κ. μέχρι να φθάσουμε στον G.

### 1ε. Αναζήτηση με τον A\*.



Μονοπάτι λύσης: S-H-D-E-I-G

Κόστος λύσης:  $2+3+3+2+2 = 12$

Σειρά ανάπτυξης κόμβων: S-A-H-D-F-B-C-E-D-F-I  
(Στο σχήμα οι έντονοι αριθμοί δείχνουν την σειρά)

Βήματα: 11

Κατ' αρχήν, αναπτύσσεται ο S και παράγονται οι A και H. Στη συνέχεια αναπτύσσεται ο A, διότι είναι αριστερότερα του H, αν και έχουν το ίδιο f, οπότε παράγεται ο B με  $f=4+6=10$ . Μεταξύ των ανοικτών κόμβων B και H αναπτύσσεται ο H διότι βρίσκεται ψηλότερα στην ιεραρχία, αν και έχει ίδιο f με τον B, οπότε παράγεται ο D με  $f=5+4=9$ . Στη συνέχεια από τους ανοικτούς B και D αναπτύσσεται ο D (διότι  $9 < 10$ ) και παράγονται οι E και F με  $f=8+3=11$  και  $f=7+1=8$  αντίστοιχα. Έτσι, στη συνέχεια αναπτύσσεται ο F, διότι έχει μικρότερο f από όλους τους ανοικτούς, και παράγεται ο D με  $f=9+4=13$ . Τώρα, από τους ανοικτούς B, E και D επιλέγεται ο B ( $10 < 11$ ,  $10 < 13$ ) και παράγεται ο C με  $f=6+5=11$ . Κατόπιν από τους ανοικτούς C, E και D, αναπτύσσεται ο C, διότι έχει μικρότερο f από τον D και, ενώ έχει το ίδιο f με τον E, βρίσκεται αριστερότερα. Οπότε παράγεται ο D (στο αριστερό κλαδί) κ.ο.κ. μέχρι να φθάσουμε στον G.

### 1στ. Σύγκριση αλγορίθμων.

- Γρηγορότερα βρίσκει τη λύση ο κατά βάθος. Αυτό δεν συμβαίνει πάντα.
- Βέλτιστη διαδρομή (μικρότερου κόστους) βρίσκουν οι κατά πλάτος, η αναζήτηση με βάση το κόστος και ο A\*. Από αυτούς μόνο οι δύο τελευταίοι το εγγυώνται (ο A\* με την προϋπόθεση ότι το ευρετικό είναι αποδεκτό-εδώ είναι: ευθεία απόσταση από τον στόχο).
- Συντομότερη διαδρομή (λιγότερες μεταβάσεις) βρίσκει ο κατά πλάτος, η αναζήτηση με βάση το κόστος και ο A\*. Μόνο ο κατά πλάτος το εγγυάται.
- Αν ενεργοποιηθεί το διακεκομμένο βέλος, τότε θα βρουν άλλη λύση ο κατά πλάτος (και μάλιστα βέλτιστη), η αναζήτηση με βάση το κόστος (επίσης βέλτιστη), ο A\* (επίσης βέλτιστη) και η άπληστη αναζήτηση.